№ 5. Warszawa, 25 maja 1932 r. Rok X.

TECHNIKA CIEPLNA

Czasopismo Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIĘKNA 32, m. 12. TEL. 8-81-47.

GODZINY BIUROWE: REDAKCJI—PIĄTKI, OD 18 DO 20, ADMINISTRACJI—CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

Inż. KAZIMIERZ BIZAŃSKI.

POMIARY ODBIORCZE 3 SILNIKÓW DIESEL'A O MOCY PO 575 *KM*

W lipcu ub. r. przeprowadziło Stowarzyszenie badania odbiorcze trzech silników Diesel'a o mocy po 575 *KM*, przystosowanych do paliwa płynnego i gazu ziemnego, a dostarczonych Elektrowni Miejskiej w Stanisławowie przez Międzynarodowe Towarzystwo Budowy Okrętów i Maszyn w Gdańsku.

Wszystkie trzy badane silniki są typu leżącego, czterosuwowe, czterocylindrowe, bezkompresorowe, z generatorem prądu zmiennego pośrodku:

Wyrób: Międzynarodowe Towarzystwo Budowy Okrętów i Maszyn w Gdańsku,

Nr. fabryczny silnika:	1412,	1413,	1414
Rok budowy:	1929	1930	1930
Średnica cylindrów:	480 *mm*		
Skok tłoków:	700 *mm*		
Liczba obrotów:	214/*min*		
Moc normalna, gwarantowana:	575 *KMe* przy 760 *mm sł. rt.* i 15°		
Regulacja paliwa:	ilościowa, automatyczna		
Smarowanie:	obiegowe.		

Łożyska wału korbowego i wału rozrządczego posiadają smarowanie pierścieniowe. Prócz tego wały korbowe i łożyska czopów korbowych mają smarowanie obiegowe.

Płaszcz chłodniczy tworzy z ramą silnika jedną całość. Tuleja robocza cylindra, wykonana z szarego żeliwa, jest wymienna.

Tłoki, specjalnie długiej konstrukcji, składają się z dwuch części, połączonych ze sobą śrubami. Część przednia tłoka, chłodzona oliwą, zastępująca jednocześnie krzyżulec, jest gładka i przylega do ścian cylindra. Na części drugiej znajdują się pierścienie tłokowe. Czop znajduje się mniej więcej w połowie tłoka.

Zawory wpustowy i wypustowy są umieszczone pionowo, jeden nad drugim w głowicy zaworowej silnika. Zawór wypustowy jest chłodzony wodą.

Pompy paliwowe, połączone w jednym bloku, są napędzane z wału rozrządczego 3-go cylindra. Każdą pompę da się osobno wyłączyć dźwignią przy niej umieszczoną; prócz tego osobna dźwignia służy do jednoczesnego wyłączenia wszystkich pomp paliwowych. Ciśnienie wlotowe paliwa wynosi 85 do 90 *at.*

Regulator, umieszczony bezpośrednio przy pompie paliwowej, jest napędzany z wału rozrządczego 3-go cylindra. Przy napędzie olejowym, regulator działa na grzybek zaworu, umieszczonego w przewodzie łączącym

przestrzeń ssącą pompy paliwowej z przestrzenią tłoczącą i w ten sposób działa na wielkość każdoczesnej dawki paliwa. Przy napędzie gazowym, regulator działa na klapy dławiące w głowicach zaworów i w ten sposób zmienia ilość mieszanki gazowej.

Ilość obrotów silnika da się zmieniać w granicach około $\pm$ 5% przez ręczne dociągnięcie, lub zluzowanie sprężyny, względnie z tablicy rozdzielczej, przez uruchomienie motorka elektrycznego umieszczonego na regulatorze. Sprzęgło tego motorka posiada automatyczny wyłącznik, działający przy przekroczeniu górnej lub dolnej granicy obrotów.

Do rozruchu silnika używany jest 1-szy i 2-gi cylinder a suwaki dla powietrza rozruchowego napędza wał rozrządczy cylindra 2-go.

Każdy silnik napędza generator prądu zmiennego zbudowany przez firmę Brown Boveri w Żychlinie Nr. Nr. *Ży* 103, 107 i 135, typu *H* 2836, $V = 6300$, *V* rotor 95, *A*. 44, cos φ 0,7, częstotl. 50, moc 480 *kVA*, $n = 215$, wzbudnice Nr. Nr. *Ży* 2433, 2434 i 2435, typu *GF* 186, $V = 95$, $A = 143$, 13,5 *kW*, $n = 215$.

Do dnia badań odbiorczych pracował zespół I (silnik Nr. 1412 i wzbudnica Nr. *Ży* 103) dni 71, zespół II (silnik 1413 i wzbudnica 107) dni 118, zespół III (silnik 1414 i wzbudnica 135) dni 89. W powyższym czasie pracowały silniki częściowo dla prób, pod obciążeniem oporu wodnego, wreszcie dla pokrywania obciążenia sieci, wahającego się w granicach od 50 do około 300 *kW*.

W czasie badań odbiorczych zastosowano następujące urządzenia pomiarowe.

Paliwo mierzono zapomocą naczynia z przewężeniem, ustalając sekundomierzami czas zużycia poszczególnych, jednakowych, odważonych dawek paliwa i całkowity czas zużycia paliwa w czasie poszczególnych prób.

Rozkład pracy na poszczególne cylindry i sam przebieg pracy badano jednocześnie czterema indikatorami.

Rozchód smaru cylindrowego mierzono w ten sposób, że pomiar zaczynano i kończono na tej samej kresce płynowskazu, dolewając odważoną ilość smaru.

Temperaturę oliwy chłodzącej tłoki, oliwy w łożyskach i wody chłodzącej, oraz spalin, mierzono termometrami rtęciowemi.

Liczbę obrotów silnika w czasie pomiarów, oraz zmiany liczby obrotów w czasie prób regulatorów, mierzono tachografem systemu Jaquet'a.

Ilość wody chłodzącej mierzono spadkiem zwierciadła wody w zbiorniku głównym, z zamkniętym dopływem i obliczano z wysokości spadku.

Spaliny analizowano aparatem Orsata na rurociągu zbiorczym

Badania kalorymetryczne paliwa, użytego w czasie pomiarów, przeprowadzone przez Laboratorjum dla Badania Węgla, Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie, wykazało, że dolna wartość opałowa paliwa wynosiła 10103 *Kal/kg*, co, wobec zastrzeżonej wartości 10000 *Kal/kg*, uznano za odpowiadające warunkom gwarancyjnym.

Moc generatorów elektrycznych mierzona była w czasie pomiarów dwoma precyzyjnemi watomierzami, w układzie Arona, w połączeniu z precyzyjnemi transformatorkami napięciowemi i prądowemi.

Badanie części elektrycznej zespołów przeprowadzili pp. inż. Gabrjel Sokolnicki i dr. inż. Kazimierz Idaszewski, profesorowie Politechniki we Lwowie.

Sposób i plan badań został ustalony w protokóle wstępnym, a jako obowiązujące dla pomiarów uznano Polskie Normy P. N.—R—301.

Ponieważ dostawca zastrzegł sobie w umowie, że „dane dotyczące mocy należy rozumieć przy stanie barometru 760 *mm sł.rt.* i temperaturze 15°C", zatem wynikła konieczność przeliczenia mocy na warunki atmosferyczne. Wprawdzie takie zastrzeżenie uważa Stowarzyszenie za niewłaściwe, gdyż silniki nie były dostarczane ze składu, lecz wykonywane na specjalne zamówienie, jednak, trzymając się ściśle umowy, dokonano zastrzeżonego przeliczenia. W ten sposób przeliczona moc normalna silników wynosi:

$$575\ \frac{726}{760} \cdot \frac{273 + 15}{273 + 25} = 530{,}8 = okr.\ 531\ KMe$$

W czasie prób zużycia paliwa obciążano generatory oporem wodnym, z wyjątkiem pomiarów L. pom. 7, które były długotrwałem powtórzeniem uprzednio wykonanych precyzyjnych pomiarów pod pełnem obciążeniem.

Tabela I, II i III przedstawiają wyniki pomiarów, dotyczące mocy paliwa i chłodzenia silnika, dla poszczególnych diesel-generatorów.

TABELA I.

Zespół I.

Data pomiaru	9 VII. 1931 r.						
L. pomiaru	1	2	3	4	5	6	7
Obciążenie nominalne	0	1/4	2/4	3/4	4/4	4/4+10%	4/4
Godzina rozpoczęcia pomiaru	12^{12}	16^{33}	17^{50}	19^{17}	21^{18}	22^{01}	17^{02}
Czas trwania pomiaru w sekundach	1912,5	1862,0	2041,5	2153,0	1800,0	854,0	5266,0
I. Dane dotyczące pomiaru mocy:							
1. Moc mierzona na zaciskach generat. *kW*	0	88,9	181,2	278,0	383,6	419,2	374,0
2. Napięcie prądu *V*	6250	60[illegible]0	6000	6000	6020	6100	6000
3. Wahliwość obciążenia:							
obciążenie minim. *kW*	—	88,7	180,2	274,0	381,5	417,0	371,0
„ maxym. *kW*	—	89,1	182,3	279,0	392,0	422,0	376,0
4. Sprawność genenerat. %	—	88,1	92,9	94,1	94,2	94,2	94,0
5. Moc na wale silnika *KMe*	—	137,1	265,0	401,4	553,3	604,6	540,6
II. Dane dotyczące zużycia paliwa:							
1. Ogólne zużycie paliwa w czasie pomiaru *kg*	15,0	21,0	33,0	48,0	56,0	32,0	160,0
2. Godzinowe zużycie paliwa *kg/h*	28,239	40,606	58,184	80,267	112,0	134,925	109,389
3. Jednostkowe zużycie paliwa *g/kWh*	—	456,76	321,10	288,73	291,97	321,86	292,48
g/KMeh	—	296,17	219,56	199,96	202,42	223,16	202,34
III. Dane dotyczące chłodzenia silnika:							
1. Temp. wody chłodzącej:							
dopływowej °C	28,5	33,0	34,0	36,0	38,8	39,5	30,3
odpływowej °C	48,0	57,0	60,0	60,0	60,0	60,0	61,6
2. Temp. oliwy chłodzącej:							
dopływowej °C	38,0	42,0	44,3	46,0	49,6	50,0	42,0
odpływowej °C	42,5	49,0	51,0	53,0	57,0	58,0	52,0

UWAGA: **W czasie pomiaru L. 7 obciążenie mierzono wycecbowanym licznikiem, zatem ten pomiar ma charakter informacyjny.**

TABELA II.

Zespół II.

Data pomiaru	11.VII.1931 r.						
L. pomiaru	1	2	3	4	5	6	7
Obciążenie nominalne	0	1/4	2/4	3/4	4/4	4/4+10%	4/4
Godzina rozpoczęcia pomiaru	19^{11}	18^{08}	16^{52}	15^{35}	13^{54}	14^{42}	10^{43}
Czas trwania pomiaru w sekundach	1855, 0	1716, 0	1791, 0	1861, 5	1643, 0	925, 5	6027, 0
I. Dane dotyczące pomiaru mocy:							
1. Moc mierzona na zaciskach generat. *kW*	0	87, 4	181, 4	278, 8	373, 2	416, 0	372, 0
2. Napięcie prądu *V*	6100	6240	6100	6030	5940	6150	6270
3. Wabliwość obciążenia:							
obciążenie minim. *kW*	—	86, 4	179, 0	277, 2	370, 0	414, 0	366, 0
„ maxim. *kW*	—	88, 2	182, 8	280, 8	375, 5	418, 0	376, 0
4. Sprawność generat. %	—	87, 0	92, 5	93, 9	94, 1	94, 1	93, 8
5. Moc na wale silnika *KMe*	—	136, 5	266, 5	403, 4	539, 0	600, 7	539, 0
II. Dane dotyczące zużycia paliwa:							
1. Ogólne zużycie paliwa w czasie pomiaru *kg*	12, 0	18, 0	27, 5	40, 0	48, 0	32, 0	176, 0
2. Godzinowe zużycie paliwa *kg/h*	23,29	37,76	55,27	77,35	105,18	124,46	105,12
3. Jednostkowe zużycie paliwa *g/kWh*	—	432,03	304,13	277,43	281,83	299,18	282,58
g/KMeh	—	276,63	207,39	191,74	195,14	207,18	195,02
III. Dane dotyczące chłodzenia silnika:							
1. Temp. wody chłodzącej:							
dopływowej °C	30, 0	29, 8	31, 0	31, 5	35, 0	31, 2	35, 0
odpływowej °C	54, 0	56, 0	58, 0	60, 0	61, 5	63, 0	60, 0
2. Temp. oliwy chłodzącej:							
dopływowej °C	47, 0	47, 0	47, 0	46, 4	45, 0	45, 0	43, 6
odpływowej °C	55, 0	55, 0	55, 0	55, 0	53, 0	54, 0	52, 8

UWAGA: W czasie pomiaru L. 7 obciążenie mierzono wycechowanym licznikiem, zatem ten pomiar ma charakter informacyjny.

Zespół III.

TABELA III.

Data pomiaru	12.VII. 1931 r.						
L. pomiaru	1	2	3	4	5	6	7
Obciążenie nominalne	0	1/4	2/4	3/4	4/4	4/4+10%	4/4
Godzina rozpoczęcia pomiaru	19^{12}	18^{03}	16^{48}	15^{34}	10^{11}	14^{09}	12^{16}
Czas trwania pomiaru w sekundach	1806,0	1943,0	2091,0	1827,0	1886,5	875,0	5408,0
I. Dane dotyczące pomiaru mocy:							
1. Moc mierzona na zaciskach generat. *kW*	0	89,2	180,3	275,0	371,9	416,0	383,0
2. Napięcie prądu *V*	6020	6000	6070	6250	6150	6250	6050
3. Wahliwość obciąż.							
obc. minim. *kW*	—	87,8	176,0	272,0	367,0	412,0	379,0
„ maxym. *kW*	—	90,4	183,6	276,5	377,0	419,0	386,0
4. Sprawność generatora %	—	88,0	92,5	93,8	94,1	94,0	93,9
5. Moc na wale silnika *KMe*	—	137,8	264,9	398,4	537,0	601,3	554,2
II. Dane dotyczące zużycia paliwa							
1. Ogólne zużycie paliwa w czasie pomiaru *kg*	12,0	21,0	33,0	40,0	56,0	32,0	168,0
2. Godzinowe zużycie paliwa *kg/h*	23,92	38,91	56,81	78,81	106,86	131,66	111,83
3. Jednostkowe zużycie paliwa: *g/kWh*	—	436,21	315,08	286,66	287,33	316,49	291,98
g/KMeh	—	282,36	214,45	197,81	198,99	218,95	201,88
III. Dane dotyczące chłodzenia silnika:							
1. Temp. wody chłodzącej:							
dopływowej °C	34,0	34,0	35,0	36,0	35,0	36,0	36,0
odpływowej °C	57,0	57,0	60,0	60,5	62,0	67,0	63,0
2. Temp. oliwy chłodzącej:							
dopływowej °C	46,0	45,5	46,0	44,2	43,0	43,0	42,5
odpływowej °C	55,0	55,0	55,0	53,5	53,0	54,5	53,4

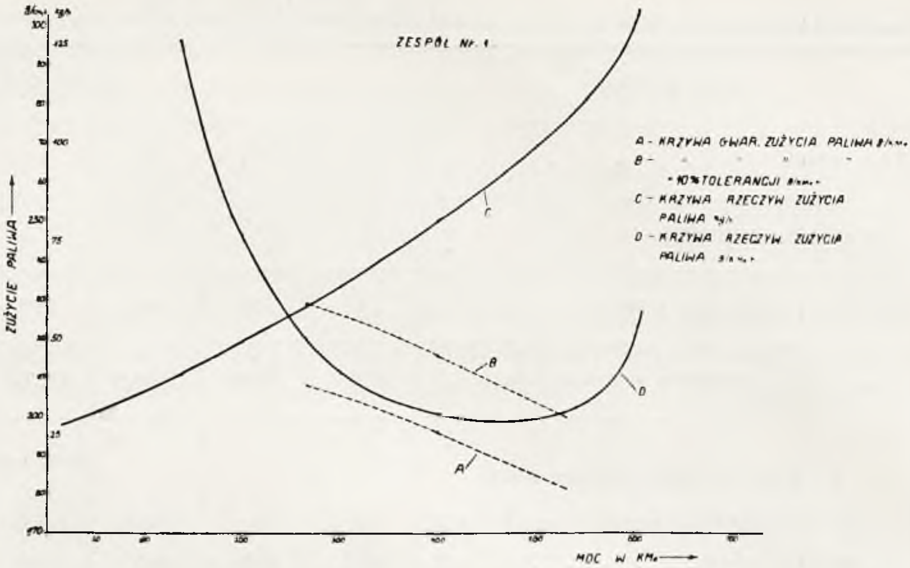
UWAGA. W czasie pomiaru L. 7 obciążenie mierzono wycechowanym licznikiem, zatem pomiar ten ma charakter informacyjny.

Wykresy IV, V i VI przedstawiają wykresy zużycia paliwa dla zespołu I, II i III[1]).

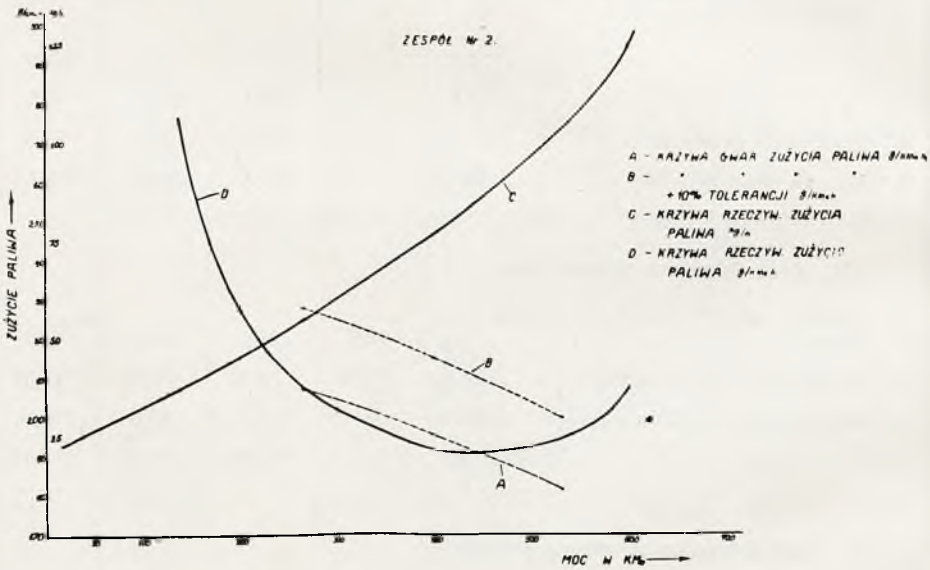
Tabele VII, VIII i IX przedstawiają wyniki indikowania poszczególnych silników.

[1]) Por. wykresy I, II i III, str. 53.

Wykres IV



Wykres V



Wykres VI

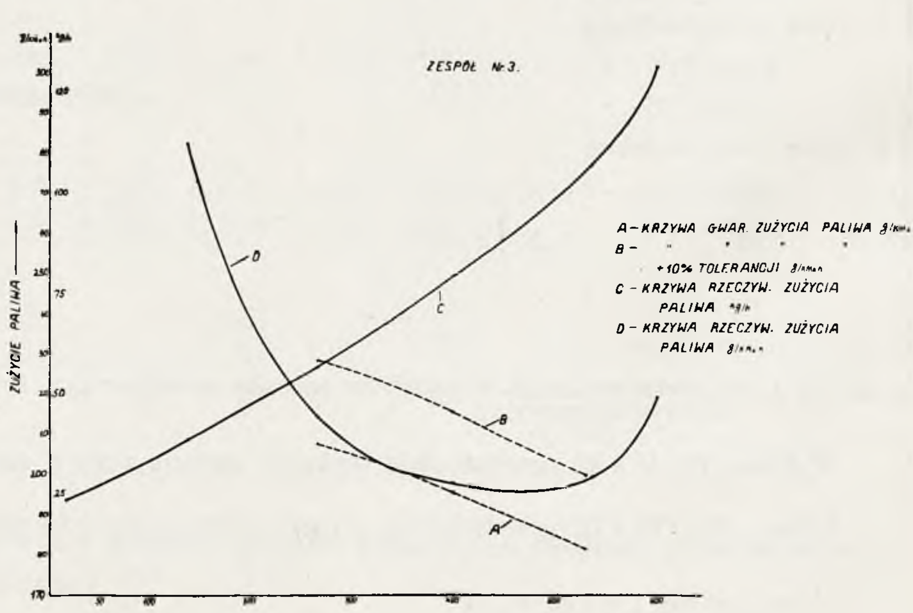


TABELA VII.

Zespół I.

Data pomiaru	9.VII.1931 r.																
L. pomiaru	1			2			3			4			5			6	
Godzina	12^{12}			16^{33}			17^{50}			19^{17}			21^{18}			22^{01}	
Obciążenie nominalne	0			$^{1}/_{4}$			$^{2}/_{4}$			$^{3}/_{4}$			$^{4}/_{4}$			$^{4}/_{4}+10\%$	
Moc na wale silnika . . . KMe	—			137,1			265,0			401,4			553,3			604,6	
Ilość obrotów na minutę	222			215			215			214			215			213	
Średnie ciśnienie indikowane:																	
Cylinder I . . . atn	0,90	1,00	1,00	2,77	2,67	2,67	3,17	3,60	3,46	4,71	4,67	4,93	6,24	6,38	6,07	6,54	6,47
„ II . . . „	0,70	1,00	1,53	1,83	2,13	0,87	3,60	3,60	2,73	1,87	3,80	3,34	5,00	4,73	4,20	4,87	5,66
„ III . . . „	2.46	2,66	2,26	2,66	2,40	2,80	3,40	3,46	4,14	4,47	4,54	5,00	5,60	5,20	5,53	6,20	6,07
„ IV . . . „	2,00	1,73	2,00	2,54	2,74	2,47	3,53	4,00	3,66	4,80	4,73	4,87	5,94	6,34	6,26	6,80	6,80
Średnie ciśnienie indikowane:																	
dla 4-ch cylindrów . . . atn	1,52	1,59	1,70	2,45	2,48	2,20	3,42	3,66	3,50	3,96	4,43	4,53	5,69	5,66	5,15	6,10	6,25
dla pomiaru . . . atn	1,604			2,379			3,527			4,311			5,624			6,175	
Moc indikowana . . . KMi	199,98			287,96			426,93			519,40			680,76			730,50	
Sprawność mechaniczna (przybliżona) . %	—			47,65			62,10			77,30			81,25			82,80	

TABELA VIII.

Zespół II.

Data pomiaru	11.VII. 1931 r.															
L. pomiaru	1			2		3			4			5			6	
Godzina	19^{11}			18^{08}		16^{52}			15^{35}			13^{54}			14^{42}	
Obciążenie nominalne	0			1/4		2/4			3/4			4/4			4/4 + 10%	
Moc na wale silnika *KMe*	—			136,5		266,5			403,4			539,0			600,7	
Liczba obrotów na minutę	215			215		215			215			215			215	
Średnie ciśnienie indikowane:																
Cylinder I *atn*	2,20	2,13	2,66	3,40	3,00	4,13	4,20	3,94	5,27	5,13	5,08	6,54	6,41	6,33	6,66	6,87
„ II *atn*	—0,90	—0,67	—0,53	1,53	0,67	2,60	1.93	1,73	4,00	3,34	3,07	4,87	4,67	5,13	5,66	5,66
„ III *atn*	1,73	2,00	1,93	2,94	2,94	3,66	3,66	3,54	4,87	4,74	5,00	6,07	5,93	6,14	6,27	6,74
„ IV *atn*	1,40	1,47	1,33	2,34	2,20	3,34	3,46	2,87	4,60	4,60	4,47	5,74	5,33	5,80	6,14	6,14
Średnie ciśnienie indikowane:																
dla 4-ch cylindrów *atn*	1,33	1,23	1,35	2,55	2,20	3,43	3,31	3,02	4,68	4,45	4,40	5,80	5,58	5,85	6,18	6,35
dla pomiaru *atn*	1,237			2,337		3,254			4,514			5,747			6,267	
Moc indikowana *KMi*	149,73			287,72		393,88			546,40			695,65			758,59	
Sprawność mechaniczna (przybliżona) %	—			47,5		67,7			73,8			77,5			79,2	

TABELA IX.

Zespół III.

Data pomiaru	12.VII.1931 r.													
L. pomiaru	1			2		3		4			5		6	
Godzina	19^{12}			18^{03}		16^{48}		15^{34}			10^{11}		14^{09}	
Obciążenie nominalne	0			1/4		2/4		3/4			4/4		4/4+10%	
Moc na wale silnika . . . *KMe*	—			137,8		264,9		398,4			537,0		601,3	
Ilość obrotów na minutę	216			215		215		215			215		215	
Średnie ciśnienie indikowane:														
Cylinder I . . . *atn*	0,27	0,13	0,87	1,80	1,40	3,34	2,94	4,00	4,00	4,00	5,67	5,80	6,34	6,20
„ II . . . *atn*	0,47	0,60	0,47	1,80	1,73	2,47	3,07	4,47	3,80	3,54	4,40	5,14	6,40	4,94
„ III . . . *atn*	2,67	2,00	2,34	3,34	3,60	4,07	4,00	5,00	4,74	4,93	6,40	6,07	6,66	6,93
„ IV . . . *atn*	3,06	2,60	2,34	3,80	3,66	4,20	4,20	5,67	5,20	4,74	6,40	6,54	6,87	6,74
Średnie ciśnienie indikowane:														
dla 4-ch cylindrów . . . *atn*	1,62	1,33	1,50	2,68	2,60	3,52	3,55	4,78	4,43	4,30	5,72	5,89	6,57	6,20
dla pomiaru . . . *atn*	1,484			2,641		3,536		4,508			5,802		6,385	
Moc indikowana . . . *KMi*	180,50			319,68		428,02		545,67			702,3		772,87	
Sprawność mechaniczna (przybliżona) . . %	—			43,2		61,9		73,1			76,46		77,8	

Tabela X przedstawia próby regulacji, wykonane przy raptownych obciążeniach i odciążeniach poszczególnych silników.

TABELA X.

ODCIĄŻENIE	Zespół I			Zespół II			Zespół III		
	2/4 na 0	3/4 na 0	4/4 na 0	2/4 na 0	3/4 na 0	4/4 na 0	2/4 na 0	3/4 na 0	4/4 na 0
Ilość obrotów przed odciążeniem obr/min	215	215	215	215	215	215	215	215	215
Ilość obrotów po odciążeniu: największa obr/min	220	220	224	223	222	224	222	220	225
Ilość obrotów po odciążeniu: trwała obr/min	218	217	221	220	220	221	219	219	218
Zmiana ilości obrotów największa, chwilowa obr/min	5	5	9	8	7	9	7	5	10
Zmiana ilości obrotów największa, chwilowa %	2,32	2,32	4,19	3,72	3,25	4,19	3,25	2,32	4,65
Zmiana ilości obrotów trwała obr/min	3	2	6	5	5	6	4	4	3
Zmiana ilości obrotów trwała %	1,39	0,93	2,79	2,32	2,32	2,79	1,86	1,86	1,39
OBCIĄŻENIE	0 na 2/4	0 na 3/4	0 na 4/4	0 na 2/4	0 na 3/4	0 na 4/4	0 na 2/4	0 na 3/4	0 na 4/4
Ilość obrotów przed obciążeniem obr/min	218	218	225	216	219	219	215	220	216
Ilość obrotów po obciążeniu: najmniejsza obr/min	213	213	215	211	213	213	212	214	212
Ilość obrotów po obciążeniu: trwała obr/min	215	215	215	215	215	215	215	215	215
Zmiana ilości obrotów największa, chwilowa obr/min	5	5	10	5	6	6	3	6	4
Zmiana ilości obrotów największa, chwilowa %	2,29	2,29	4.45	2,31	2,74	2,74	1,39	2,73	1,85
Zmiana ilości obrotów trwała obr/min	3	3	10	1	4	4	—	5	1
Zmiana ilości obrotów trwała %	1,37	1,37	4,45	0,46	1,83	1,83	—	2,27	0,46

Tabela XI podaje zestawienie liczb gwarantowanych i otrzymanych w czasie pomiarów dla trzech badanych silników.

TABELA XI.

Zespół L.		I			II			III		
		$^2/_4$	$^3/_4$	$^4/_4$	$^2/_4$	$^3/_4$	$^4/_4$	$^2/_4$	$^3/_4$	$^4/_4$
Obciążenie nominalne w warunkach gwarancji (760 *mm* sł. rt. 15°)	*KMe*	287, 5	431,25	575, 0	287, 5	431,25	575, 0	287, 5	431,25	575, 0
Sprawność generatora w/g krzywej na podstawie gwarancji	%	90, 2	92, 9	93, 7	90, 2	92, 9	93, 7	90, 2	92, 9	93, 7
Obciążenie nominalne, przeliczone na warunki pomiarowe (726 *mm* sł. rt. i 25°) . . .	*KMe*	265,42	398,13	530,84	265,42	398,13	530,84	265,42	398,13	530,84
Obciążenie rzeczywiste na wale silnika w czasie pomiaru	*KMe*	265,00	401,40	533,30	266,50	403,40	539,00	264,90	398,40	537,00
Gwarantowane zużycie paliwa + 10% tolerancji dla obciążenia nominalnego . .	*g/KMeh*	228,25	215,10	199,50	228,25	215,10	199,50	228,25	215,10	199,50
Zmierzone zużycie paliwa w czasie pomiaru	*g/KMeh*	219,56	199,96	202,42	207,39	191,74	195,14	214,45	197,81	198,99
Różnica (zmierzone zużycie paliwa — gwarantowane + 10% toleran.)	*g/KMeh*	— 8,69	— 15,14	+ 2,92	— 20,86	— 23,86	— 4,36	— 13,80	— 17,29	— 0,51

U W A G A: Ponieważ obciążenia rzeczywiste w czasie pomiarów leżały w gr[illegible]ach 95% do 105% obciążeń nominalnych, dla których poręczono zużycie paliwa, zatem różni[illegible]e uwzględniono w obliczeniu przekroczeń (par. 25. Polskich Norm PN/R—301).

Tabela XII przedstawia zestawienie bilansów cieplnych dla wszystkich badanych silników, oraz dane pomiarowe, potrzebne dla rozliczenia pozycyj bilansowych.

TABELA XII.

Zespół L.	I	II	III
Ciśnienie barometryczne . . . . *mm sł. rt.*	726	726	726
Temperatura otoczenia . . . . °C	30,4	31,5	31,0
Temperatura powietrza zasysanego . . . . °C	27,75	26,6	25,8
Czas trwania pomiaru . . . . *sekund*	5266	6027	5408
Moc na wale silnika . . . . *KMe*	540,6	539,0	554,2
Moc indikowana . . . . *KMi*	667,91	695,65	721,57
Paliwo: Rodzaj	olej gazowy		
Zawartość węgla *(C)* . . . . %	84,54	84,54	84,54
Zawartość wodoru *(H)* . . . . %	11,60	11,60	11,60
Wartość opałowa dolna . . . . *Kal/kg*	10103	10103	10103
Zużycie paliwa na 1 *KMeh* . . . . . . *kg/KMeh*	0,20234	0,19502	0,20188
Równowartość cieplna 1 *KMeh* . . . *Kal/KMeh*	632,0	632,0	632,0
Ilość ciepła rzeczywiście zużyta . . . *Kal/KMeh*	2044,24	1970,29	2039,60
Średnia zawartość CO_2 w spalinach . . . . %	8,00	7,70	7,98
Średnia zawartość O_2 w spalinach . . . . %	10,73	11,03	10,63
Średnia temp. spalin w rurze wydmuchowej . °C	345,3	356,1	375,7
Woda chłodząca: Temperatura dopływu . . . °C	30,3	35,0	36,0
Temperatura odpływu . . . °C	61,6	60,0	63,3
Ilość wody chłodzącej zużyta na 1 *KMeh* . *kg/KMeh*	25,6	28,5	29,5

BILANS CIEPLNY

odniesiony do ilości ciepła, rzeczywiście zużytego na 1 *KMeh*.

	Zespół I.		Zespół II		Zespół III	
	Kal	%	*Kal*	%	*Kal*	%
Ilość ciepła użytecznego . . .	632,00	30,90	632,00	32,05	632,00	31,00
Straty: mechaniczne	148,80	7,28	18 ,70	9,32	190,86	9,36
w cieple spalin wylotow.	437,30	21,40	452,83	22,96	482,50	23,65
w cieple wody chłodzącej silnik i chłodnicę oliwną	801,28	39,20	712,50	36,20	805,00	39,50
Razem. . . .	2019,38	98,78	1981,03	100,53	2110,36	103,51

UWAGA: Z zestawień bilansów cieplnych widać, że suma strat niewyznaczalnych (straty promieniowania, przewodzenia, niezupełnego spalania i t. p.), wynosi w zespole I tylko 1,22% a w zespołach II i III, nawet nie uwzględniając strat niewyznaczalnych, bilans zamyka się cyfrą, przekraczającą 100%. Przypisać to należy: spalaniu się oliwy smarującej tłoki, dwukrotnemu wliczaniu do bilansu strat tarcia, które są liczone w stratach mechanicznych, a wskutek zamiany tarcia w ciepło, są po raz drugi wliczane w wodzie chłodzącej, względnie w cieple spalin wylotowych.

(D. n.).

Dr. KONRAD LEMAŃCZYK.

O TWORZENU SIĘ KAMIENIA KOTŁOWEGO POD BAŃKAMI PARY

Badacze amerykańscy Partridge i White[1]) wzbogacili naukę o tworzeniu się kamienia kotłowego ciekawym materjałem doświadczalnym, który posiada znaczenie nie tylko teoretyczne, lecz posłuży również praktykowi do wyjaśnienia niektórych spostrzeżeń podczas obserwacji pracy kotłów. Wymienieni autorzy badali przewodnictwo cieplne skorupy gipsowej oraz jej wpływ na wydajność termiczną kotła, dalej zajmowali się fizykochemicznemi warunkami równowagi przy powstawaniu kamienia gipsowego. Atoli najciekawsze są mikrofotograficzne studja obu badaczy. Otóż dzięki odpowiednim warunkom doświadczeń zdołali oni poprostu sfotografować „moment“ wydzielenia się kamienia z roztworu gipsu. Za przedmiot obserwacji wybrali specjalnie b a ń k i, wywiązujące się na blachach powierzchni ogrzewalnej. Autorzy przypuszczają, iż na granicy styku pomiędzy parą a błonką bańki powstają pewnego rodzaju „lokalne“



Rys. 1

przesycenia, wskutek czego w tych miejscach winny utworzyć się mikroskopijne osady. I rzeczywiście, mikrofotografja ujawniła charakterystyczne pozostałości po bańkach, o kształtach i wielkości tychże. Obok na rys. 1 reprodukujemy[1]) pozostałości po dwu bańkach pary. Widać wyraźnie pierścieniowate skorupki o cieniutkiej ściance, na tle, jasnem powierzchni ogrzewalnej. Charakterystyczne ślady uplastyczniają nam rolę wywiązującej się w bańkach pary przy powstawaniu stałej fazy na ścianach kotła. Woda parująca nie była jeszcze przesycona; widzimy, że większa część płaszczyzny ogrzewalnej jest wolna od osadu. W doświadczeniach Partridge'a i White'a ten sam roztwór gipsu był przesycony dopiero po sześciu minutach w porównaniu ze stanem, przedstawionym na rys. 1, i wtedy to samo miejsce powierzchni ogrzewalnej przedstawiało obraz, uchwycony na rysunku 2. Widzimy kryształki gipsu,



Rys. 2

rosnące od pierwszych śladów wzdłuż i wszerz i grupujące się dookoła pierwotnych dwuch baniek w charakterystycznych kształtach. Te mikroskopijne, pierścieniowate skorupki przedstawiają wstępny efekt tworzenia się kamienia i są śladami po bańkach pary, które poprzednio wywiązywały się w tych samych miejscach. Proces tworzenia się tych „śladów“ ma niewątpliwie następujący przebieg: Pod-

[1]) Partridge i White, Journ. Ind. Eng. Chem. 1929. 21, 834, 839.

[1]) Umieszczone cztery fotografje otrzymałem od R. Stumper'a. Fot. 1. i 2. znajdują się w pracy R. Stumper'a, Die Physikalische Chemie der Kesslesteinbildung und Verhütung, 1930, 45, 46.

czas wzrostu baniek otaczające mikrowarstewki wody przesycają się rozpuszczonemi twardemi składnikami wcześniej, niż reszta płynu i wreszcie następuje moment, gdy zarodki stałe, t. zw. centra krystalizacyjne w otoczce bańki urastają do rozmiarów kryształków, widocznych w aparaturze mikrofotograficznej. Oba zdjęcia uzyskano przez eksperymentowanie z nasyconym roztworem gipsu, nie pozbawionym powietrza. Odgazowane roztwory wywołują tak samo powyższe zjawisko, jednak mniej wyraźnie. W nienasyconych roztworach mikroskorupki również powstają, jednak rozpuszczają się powoli w opływającej wodzie.



Rys. 3

Rys. 3 i 4 pochodzą również od Partride'a (reprodukcje Stumper'a). Rys. 3 przedstawia stan późniejszy w porównaniu z rys. 2, gdzie resztki krystaliczne baniek nałożyły się kilkakrotnie nawzajem, pozostawiając bardzo już małe pole odkryte, pokrzyżowane cienkiemi igiełkami gipsu. Rys. 4 przedstawia bardzo charakterystyczny ślad mikroskorupki po jednej bańce.

Wartość zacytowanej pracy polega na empirycznym dowodzie, że pierwotnym siedliskiem osadzania się kamienia, rzec można punktem zaczepienia, są te miejsca na ścianach opalanych, które powodują silniejsze wy-



Rys. 4

wiązywanie baniek pary i powietrza. Powstanie kamienia w tych miejscach, termicznie silniej obciążonych, może nastąpić i wtedy, gdy parująca woda nie jest nasycona. Widzimy, że dla wyjaśnienia procesów powstawania kamienia kotłowego nie jest wystarczający argument, iż woda przekroczyła stan nasycenia składnikami, wywołującemi twardość. W związku z tem trzeba przypomnieć rozważania teoretyczne W. Otte'go [1], ogłoszone przed wynikami amerykańskich badaczy i omawiające fizyko chemiczne zjawiska, towarzyszące powstawaniu i rośnięciu baniek pary na ścianach kotła.

(D. n.)

[1]) W. Otte, Mitt. d. V. G. B. Nr. 17, 1928.

Inż. M. DAUTER i inż. ST. BOROWIEC.

ELEKTROWNIA GRODZIEŃSKA

(Por. *Technika Cieplna*, str. 37, 1932).

Przedstawiciel fabryki stwierdził protokularnie szczelność kondensatora i wentyla przeciążającego

Pierwsze próby były niepomyślne, gdyż opornik zbudowany w myśl projektu dostawców był nieodpowiedni, bo nie była uwzględniona jakość wody używanej do opornika.

Właściwe badanie przeprowadzono dnia 12 i 13/II. 1929.

Moc efektywna była mierzona zapomocą dwóch precyzyjnych watomierzy wbudowanych pomiędzy generatorami i szynami zbiorczemi przez cechowane transformatory prądu i napięcia, przyczem szeregowo do przyrządów Stow. Dozoru Kotłów wbudowali swoje przyrządy dostawcy, z których jednak nie korzystano, gdyż wskazania jednych i drugich były zupełnie identyczne.

Stan pary mierzono zapomocą sprawdzonych kontrolnych manometrów i termometra wycechowanego przez Thüringisches Landesamt f. Maas u. Gewicht. Ciśnienie wylotowe mierzono zapomocą słupa rtęci, barometryczne zaś przy pomocy precyzyjnego barometra.

Pewną trudnością było przy mniejszych obciążeniach otrzymanie odpowiednio wysokiej temperatury pary przegrzanej, wobec czego wypadło przy tych doświadczeniach część pary wypuszczać na dach w celu podwyższenia temperatury pary przegrzanej, tak samo przy maksymalnych obciążeniach pewną trudnością było utrzymanie stałości ciśnień i temperatur.

Temperatura wody chłodzącej zależna była od efektu chłodnicy, która nie dawała dostatecznego chłodzenia, gdyż była omarznięta lodem i temperatura wody przekraczała 20° C; odbijanie lodu z chłodni odrazu poprawiało jej efekt.

Ilość kondensatu była mierzona dwoma wycechowanemi zbiornikami.

Przy badaniach stwierdzono że:

1) uruchomienie turbogeneratora nie nastręcza żadnych trudności, przyczem nie zachodzą żadne niedopuszczalne drgania.

2) przewidziane protokułem wstępnym obciążenia 500 i 1000 *kW* otrzymano bez odwoływania się do pomocy wentyla przeciążającego. Rezultaty pomiarów umieszczono w tabeli II pod pozycją 1 i 2.

Gwarantowane zużycie pary na 1 *kWh* zostało nieznacznie przekroczone bo:

obciążenie	$^2/_4$	$^4/_4$
gwarantowane zużycie + toler. 5 %	5,8485	5,271
stwierdzone zużycie po przeliczeniu na warunki gwarancyjne	5,84	5,35
przekroczenie	— 0,145 %	+ 1,499 %

przekroczenie w myśl oferty $\frac{-0{,}145 + 1{,}499}{2} = 0{,}672\ \%$

3) praca przy największej mocy 1400 *kW* trwała ogółem przeszło trzy godziny, nie wykazując żadnych nienormalności, ani nagrzewania się generatorów. W celach informacyjnych ustalono zużycie pary i przy tem obciążeniu. W czasie trzech godzin pracy przy tem obciążeniu przeprowadzone były dwa pomiary — jeden dłuższy przy ręcznem regulowaniu wentyli przeciążających (w celu otrzymania ekonomicznych wyników zużycia pary), drugi bez ręcznej regulacji (przy większem otwarciu wentyla przeciążającego, w tabeli poz. 3 i 4). Moc 1400 *kW* otrzymano łatwo, zużycie pary nieznacznie odchyliło się od cyfr podanych w umowie.

4) badanie zmiany obrotów przy obciążeniach raptownych dało wyniki następujące:

Obciąż. począt.	Obciąż. rapt.	Wahanie ilości obrotów przejściowe	stałe
500 *kW*	0 *kW*	3,04 %	2,31 %
0 „	500 „	3,23 „	1,94 „
1000 „	0 „	5,8 „	3,5 „
0 „	1000 „	8,5 „	3,2 „

Zmiana obrotów w tych warunkach znajduje się w granicach przewidzianych umową.

5) przy sprawdzaniu regulatora bezpieczeństwa stwierdzono, że regulator wyłączał całkowicie dopływ pary przy przekroczeniu ilości obrotów mniej więcej o 12 %.

6) ogrzanie powietrza wentylacyjnego generatora nie przekraczało 20° C, to jest było w granicach dopuszczalnych.

Wyniki badania zawiera załączona tabela II.

TABELA II.

Wyniki badań turbogeneratora fabr. „ASEA” w Elektrowni Grodzieńskiej w dniach 12 — 13.II 1929.

Turbina „STAL“ mocy 1000 — 1400 *kW*, ciśn. 16 *ata*, 350° C, 3000 obrotów.

Obciążenie	1	2	3	4
Data	13/II.29	12/II.29	13/II.29	13/II.29
Czas trwania próby w minutach	68,2	68,6	131,53	19,43
Obciążenie na zaciskach generatora	1/2	4/4	7/5	7/5
„ „ „ w *kW*	502,56	998,4	1401,84	1355,4
Sprawność generatorów przy cos — 1, %	91,8	95,2	95,8	95,8
Stan pary wlotowej — prężność w *ata*	16,44	16,1	15,57	15,4
temperatura w °C	330,8	333,7	363,3	372,6
Stan pary wylotowej — prężność w *ata*	0,0304	0,0523	0,0945	0,102
temperatura w °C	24,3	34,8	43,3	44,5
Gwarantowana próżnia w *ata*	0,038	0,05	0,064	0,064
Kondensacja				
Temperatura wody cyrkulacyjnej dopływ °C	15,4	19,86	24,52	26,59
odpływ °C	19,59	27,34	35,31	37,16
Temperatura kondensatu °C	21,11	30,08	39,47	41,06
Moc zabierana przez pompy kondensatu *kW*	23,4	23,5	23,65	23,13
Ilość kondensatu ogółem na godz.	3075	5680	7990	7725
„ „ na smoczki	80	80	80	80
„ „ na przeciek wału	31	57	80	77
„ „ zużytego na pracę	2964	5543	7830	7668
Zużycie pary w warunkach próby *kg/kWh*	5,9	5,55	5,65	5,7
„ „ gwarantowane „	5,57	5,02	5,15	5,15
„ „ „ z toler. 5 % „	5,8485	5,271	5,4	5,4
Przeliczenia:				
Poprawka $\dfrac{\Delta i_{zm}\,\eta_{zm} - A\dfrac{c^2}{2g}_{zm}}{\Delta i_{gw}\,\eta_{gw} - A\dfrac{c^2}{2g}_{gw}}$	0,99	0,964	0,985	0,984
Zużycie pary przeliczone na warunki gwarantowane	5,84	5,35	5,55	5,6